



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 04 497 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 T 8/36**  
B 60 T 13/68

②1 Aktenzeichen: 101 04 497.6  
②2 Anmeldetag: 31. 1. 2001  
④3 Offenlegungstag: 8. 8. 2002

DE 101 04 497 A 1

⑤6 Innere Priorität:  
100 04 516. 2 02. 02. 2001

⑦1 Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

⑦2 Erfinder:  
Schmidt, Robert, 56477 Rennerod, DE; Loos, Mirco,  
66583 Spiesen-Elversberg, DE

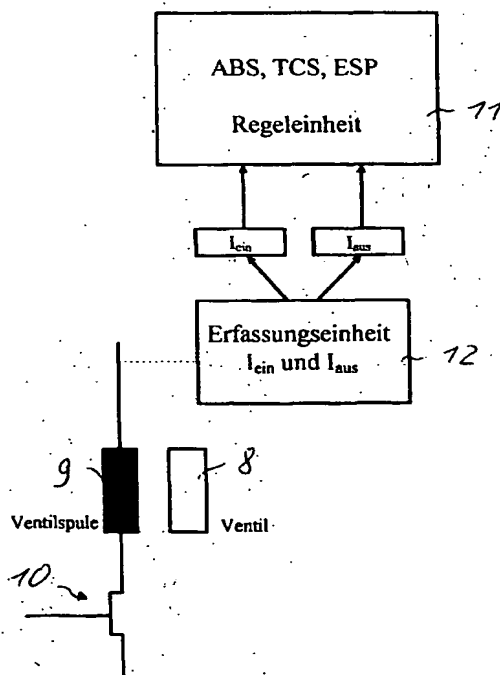
⑤5 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 198 50 386 A1  
DE 195 25 538 A1  
DE 195 08 329 A1  
DE 44 40 531 A1  
DE 22 57 236 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren zur Steuerung des Druckes in den Radbremsen eines elektronisch geregelten Bremssystems

⑤7 Bei einem Verfahren zur Steuerung des Druckes in den Radbremsen eines elektronisch geregelten Bremssystems, bei dem der Bremsdruck mit Hilfe von Analogventilen gesteuert oder geregelt wird, wird die Höhe des Ventilstromes, d. h. des Ventilbetätigungsstromes, zum Zeitpunkt der Ventilumschaltung ( $I_{\text{ein}}$ ,  $I_{\text{aus}}$ ) erfasst und zur Berechnung und Vorgabe des Ventilstromes, der zur Einstellung des Soll-Durchflussquerschnittes erforderlich ist, herangezogen.



DE 101 04 497 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung des Druckes in den Radbremsen eines elektronisch geregelten Bremsensystems, bei dem der Bremsdruck oder der Bremsdruckverlauf mit Hilfe von Analogventilen oder analogisierten Sitzventilen gesteuert und/oder geregelt wird.

[0002] Die in den heutigen Kraftfahrzeugen verwendeten Bremsanlagen mit elektronischer Regelung, wie Antiblockiersysteme (ABS), Antriebsschlupfregelungen (ASR, TCS), Fahrstabilitätssysteme (ESP) etc., verwenden ausschließlich oder überwiegend Schaltventile zur Steuerung und Einstellung des Bremsdruckes in den Radbremsen, wobei der von den Regelsystemen vorgegebene Soll-Bremsdruck durch Einzelpulse variabler Dauer oder durch Pulsfolgen eingestellt wird. Der gewünschte Gradient der Bremsdruckerhöhung oder Bremsdruckabsenkung kann dabei beispielsweise durch Vorgabe des Pulsdauer/Pulspausen-Verhältnisses der Ventilansteuerepulse oder -pulsfolgen eingestellt werden.

[0003] Beim Umschalten der Hydraulikventile entstehen Schaltgeräusche, die in manchen Fahrsituationen als besonders störend empfunden werden. Eine Maßnahme zur Reduzierung der störenden Geräusche ist die Verwendung von Analogventilen anstelle von Schaltventilen oder von sogenannten analogisierten Sitzventilen. Durch derartige Ventile ist im Prinzip die Nachbildung der Funktion von Schaltblenden möglich, die dazu dienen, den Bremsdruck über einen längeren Zeitraum mit reduziertem Gradienten aufzubauen. Das analogisierte Ventil wird zu diesem Zweck nur zum Teil geöffnet. Der Druckaufbaugradient kann durch Veränderung der Öffnung bzw. des Durchflussquerschnittes variiert werden.

[0004] Analogventile können auch anstelle von Festblendenventilen verwendet werden. Auch bei diesem Anwendungsfall ergibt sich eine Geräuschreduktion durch verlangsamtes Einschalten und Ausschalten der Ventile.

[0005] Die Nachbildung der Schaltblendenfunktion durch die Analogventile und die Verwendung dieser Ventile als Festblendenventile können auch miteinander kombiniert werden.

[0006] Schwierigkeiten ergeben sich dadurch, dass die Ströme in dem zur Geräuschreduzierung notwendigen Arbeitsbereich bei Analogventilen in starkem Maße von dem Differenzdruck über dem Ventil abhängig sind.

[0007] Bei der Nachbildung der Funktion von Schaltblenden durch Analogventile ist folgendes zu beachten: Eine definierte Öffnung des Ventils als Ersatz für die Funktion eines Schaltblendenventils kann nur dann ausreichend genau eingestellt werden, wenn die Stromwerte, bei denen das Ventil öffnet und schließt, hinreichend genau bekannt und reproduzierbar sind. Die Stromwerte, die zu einer definierten Öffnungsfläche des Ventils führen, hängen jedoch stark von der Druckdifferenz über dem Ventil ab.

[0008] Ohne zusätzliche Sensorik ist eine einigermaßen exakte Bestimmung des Stromwerts, bei dem das Ventil öffnet oder nur einen kleinen Querschnitt freigibt, nicht möglich. Im Extremfall führt diese Abweichungen oder Toleranzen dazu, dass trotz einer Ventilansteuerung kein Bremsdruck aufgebaut wird oder – dies ist der andere Extremfall – das Ventil vollständig öffnet und daher keine Schaltblenden-nachbildung gegeben ist.

[0009] Für die Realisierung einer Geräuschreduktion durch das verlangsamte Einschalten und Ausschalten ist folgendes von Bedeutung:

Den Strom, beginnend bei 0 mA, in Form einer Rampe ansteigen zu lassen, oder, beginnend mit dem maximalen

Stromwert, linear abzusinken, ist aus Sicht der Regelungstechnik keine geeignete Realisierungsform des Vorschlags, durch verlangsamtes Einschalten und Ausschalten eine Geräuschreduktion herbeizuführen. Durch diese Toleranzen sind nämlich im Regelungssystem der tatsächliche Öffnungszeitpunkt des Ventils und der dadurch bewirkte Bremsdruckaufbau in einer Radbremse nicht bekannt. Bei einer gegebenen Rampenfunktion kann der tatsächlich aufgebaute Bremsdruck in Abhängigkeit von dem Differenzdruck über dem Ventil um ein Vielfaches vom nominal gewünschten Wert oder Sollwert abweichen. Dies führt im Extremfall dazu, dass trotz einer Ventilansteuerung kein Bremsdruck aufgebaut wird. Wenn andererseits die Länge und die Form der rampenförmigen Ansteuerung für die Bremsdruckaufbaupulse so gewählt wird, dass ein Druckaufbau in jedem Fall gewährleistet ist, hat dies zur Folge, dass keine ausreichende Dosierbarkeit mehr besteht.

[0010] Zielführender ist eine möglichst sprunghafte Annäherung des Ventilstroms bis nahe an den Wert, bei dem das Ventil zu öffnen bzw. zu schließen beginnt. An diesen Wert kann dann eine rampenförmige Änderung angeschlossen werden. Dieses Vorgehen führt zur Geräuschverbesserung im Vergleich zu Schaltventilen. Durch das Ansetzen der Rampe an den tatsächlichen Öffnungszeitpunkt (oder Schließzeitpunkt) des Ventils wird eine recht genaue Dosierbarkeit erreicht. Leider kann jedoch ohne zusätzliche Sensorik der Stromwert, bei dem das Ventil öffnet oder schließt, nicht ausreichend genau bestimmt werden, weshalb auch dieser Lösungsweg in der Praxis ausscheidet.

[0011] Aus der DE 22 57 236 B2 ist auch bereits ein Hydraulikkreis mit einem von elektrischen Steuersignalen betriebschlagbaren Magnetventil und mit Mitteln zur Bestimmung des auf den Ventilanker eine Kraft ausübenden Differenzdrucks zwischen den Hydraulikflüssigkeiten zu beiden Seiten des Ventilsitzes bekannt. Der nach dem Einschalten des Ventil-Ansteuersignals ansteigende Strom erfährt eine sprunghafte Änderung oder Unstetigkeit, sobald die Ventilankerbewegung einsetzt. Diese Unstetigkeit wird zur Bestimmung des Ventilschaltzeitpunktes ausgewertet.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, das die vorgenannten Nachteile bei der Ansteuerung von Analogventilen oder analogisierten Sitzventilen überwindet und eine exakte Steuerung des Druckes bei der Verwendung solcher Ventile ermöglicht, und zwar ohne zusätzliche Sensorik.

[0013] Es hat sich gezeigt, dass diese Aufgabe mit dem im Anspruch 1 beschriebenen Verfahren gelöst werden kann. Eine besonders vorteilhafte Ausführungsart der Erfindung ist im Anspruch 2 beschrieben.

[0014] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung anhand der beigefügten Abbildungen hervor.

[0015] Es zeigen:

[0016] Fig. 1 im Diagramm und in schematischer Vereinfachung den Durchfluss durch ein Analogventil in Abhängigkeit vom Ansteuerstrom bzw. Ventilstrom sowie von der Änderungsrichtung des Ventilstroms und

[0017] Fig. 2 in schematischer Darstellung das Prinzip der Druckssteuerung mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0018] Das Diagramm nach Fig. 1 veranschaulicht das Verhalten eines Analogventils oder analogisierten Sitzventils und den Durchfluss von Druckmittel durch das Ventil in Abhängigkeit von dem Ventilbetätigungsstrom. Die verschiedenen Phasen 1 bis 7, die auch den rampenförmigen Übergang vom geschlossenen Ventil zum offenen Ventil und umgekehrt einschließen, sind durch die Bezugsziffern und Pfeile 1 bis 7 in Fig. 1 symbolisiert.

[0019] Die Darstellung nach Fig. 1 gilt für ein stromlos  
offenes Ventil. Im Zusammenhang mit dem erfindungsge-  
mäßigen Verfahren interessiert insbesondere ein Betätigungs-  
weg entsprechend den Stationen 1 bis 7. In der Position 1  
fließt ein für das Sperren des Ventils oder Schließen des  
Durchflusses durch das Ventil ausreichender Strom. Zum  
Wiederöffnen des Ventils wird dieser Strom entlang des  
Pfeils 2 reduziert, bis zu einem Zeitpunkt oder Stromwert  
 $I_{\text{ein}}$ , bei dem das Wiederöffnen des hier betrachteten Ventils  
einsetzt. Entlang einer Rampe oder des Pfeils 3 wird der  
Strom linear reduziert, was ein entsprechendes Ansteigen  
des Durchflusses oder Durchflussquerschnittes durch das  
Analogventil zur Folge hat. In der Position 4 ist das Ventil –  
vom Typ stromlos offen – wiedervollständig geöffnet.

[0020] Beim Erhöhen des Stromes entlang des Pfeils 5  
wird ein Stromwert  $I_{\text{aus}}$  erreicht, der das Einsetzen der Quer-  
schnittsverringering und Durchflussminderung durch das  
hier betrachtete Analogventil oder analogisierte Sitzventil  
markiert. Entlang der Rampe 6 wird der Ventilbetätigungs-  
strom weiter erhöht, bis schließlich die Position 7 und damit  
ein vollständiges Unterbinden des Durchflusses erreicht ist.

[0021] Fig. 2 zeigt die wesentlichen Komponenten – in  
schematisch vereinfachter Darstellung – eines Systems bzw.  
eines Teils eines geregelten Bremsensystems zur Durchfüh-  
rung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0022] Fig. 2 dient zur Veranschaulichung des dem erfin-  
dungsgemäßen Verfahren zugrunde liegenden Prinzips. Dar-  
gestellt ist lediglich – als Teil einer geregelten Bremsanlage,  
an dem das erfindungsgemäße Verfahren verwirklicht wird –  
ein Bremsdruckregelventil 8 mit der zugehörigen Ventilbetä-  
tigungsspule 9 – alle Komponenten sind rein symbolisch  
dargestellt – eines Bremsdrucksteuerventils, das als Analog-  
ventil oder als analogisiertes Sitzventil ausgebildet sein soll.

[0023] Die Ansteuerung des Ventils 8 oder, richtiger, der  
Ventilspule 9 des Ventils 8 erfolgt mit Hilfe eines angedeu-  
teten Transistors oder Endstufe 10. Das Ganze ist Bestand-  
teil eines elektronisch geregelten Bremsensystems, bei-  
spielsweise eines Antiblockiersystems (ABS), eines An-  
triebsschlupfregelungssystems (ASR, TCS), eines Fahrsta-  
bilitätsregelungssystems (ESP) oder dergleichen. Die ent-  
sprechende Regeleinheit ist in Fig. 2 mit der Bezugsziffer 11  
versehen.

[0024] Der Strom durch die Ventilspule 9 wird in der sche-  
matisch anhand der Fig. 1 erläuterten Weise gesteuert. Mit  
Hilfe einer Erfassungseinheit 12 wird beim Erhöhen und/  
oder beim Reduzieren des durch die Ventilspule 9 fließen-  
den Stromes das Ansprechen des (nicht dargestellten) Ven-  
tilkörpers eines Ventils 8, also der Beginn des Öffnens oder  
des Schließens des Analogventils oder analogisierten Sitz-  
ventils ermittelt. Bekanntlich ergibt sich im Verlauf des  
Stromes durch die Änderung der Induktivität eine Unstetig-  
keit, die zum Erkennen einer Ventilankerbewegung, d. h.  
des beginnenden Öffnens oder Schließens des Ventils, aus-  
gewertet werden kann. Nach vorliegender Erfindung wird  
diese Unstetigkeit im zeitlichen Verlauf des Ansteuerstroms  
oder Ventilstroms durch die Spule 9 oder ein anderes geeig-  
netes Kriterium zum Erkennen der Ventilschaltung oder  
des Einsetzens der Ventilankerbewegung ausgewertet. Der  
zum Zeitpunkt der beginnenden Ventilschaltung flie-  
ßende Strom wird erfasst ( $I_{\text{ein}}$  bzw.  $I_{\text{aus}}$ ) und ein entspre-  
chendes Signal der Regeleinheit 11 zugeführt.

[0025] Nach einem Ausführungsbeispiel des erfindungs-  
gemäßen Verfahrens wird ein stromlos offenes Analogventil  
oder analogisiertes Sitzventil 8 zur Bremsdrucksteuerung  
verwendet. In diesem Ausführungsbeispiel wird der Ventil-  
strom beim Reduzieren des Betätigungsstroms in Richtung  
auf ein Wiederöffnen des Ventils für den Durchfluss erfasst  
und in Abhängigkeit von dem Strom beim Wiederöffnen des

Ventils die Höhe des Ventilstroms zur Einstellung des Soll-  
Durchflussquerschnitts ausgewertet.

[0026] Das Ansprechen eines Hydraulikventils ist be-  
kanntlich, wie schon zuvor dargelegt wurde, von dem Diffe-  
renzdruck über dem Ventil abhängig. Die Information über  
den Differenzdruck kann grundsätzlich mit Hilfe des gemes-  
senen Fahrervordrucks, beispielsweise durch einen Druck-  
sensor im Hauptzylinder, sowie auf Basis des in bekannter  
Weise durch Modellbildung geschätzten Raddrucks gewon-  
nen werden.

[0027] Ein dazu alternativer Ansatz besteht darin, die Ven-  
tilschaltzeitpunkte zur Ansteuerung der Analogventile oder  
analogisierte Sitzventile zu erfassen. Erfindungsgemäß wird  
der Strom im Zeitpunkt der Ventilschaltung erfasst und den  
Regelalgorithmen bzw. der Regeleinheit 11 (siehe Fig. 2)  
zugänglich gemacht. Dadurch wird eine Nachbildung der  
Schaltblende durch die Analogventile und gleichzeitig eine  
Geräuschreduktion durch verlangsamtes Einschalten und  
Ausschalten der Ventile erreicht.

[0028] Vorteilhaft ist bei diesem Lösungsweg, dass durch  
die Erfassung der Stromwerte, bei denen das hier verwen-  
dete Analogventil oder analogisierte Sitzventil öffnet und  
schließt, dem Regler bzw. der Regeleinheit 11 bei jedem  
Schaltvorgang eine Information zur Verfügung gestellt wird.  
Das Kennfeld (Durchfluss über dem Strom) muss dem Reg-  
ler im Gegensatz zu Verfahren, die auf eine Messung des  
Differenzdruckes über dem Ventil beruhen, nicht exakt be-  
kannt sein. Das Ventilverhalten darf ohne nachteilige Aus-  
wirkung auf das Regelverhalten Schwankungen bzw. Tole-  
ranzen aufweisen; solche Schwankungen sind durch Ferti-  
gungstoleranzen, Temperatureinflüsse und Alterung unver-  
meidbar.

[0029] Es ist auch denkbar, eine Kombination mit einer  
Druckmessung zu verwenden, was dann zu einer "robustere"  
Regelung für die Nachbildung der Schaltblendenfunk-  
tion führt, wodurch Anforderungen an die Konstanz der  
Ventilkennlinien reduziert werden können.

[0030] Nach Kenntnis des in der jeweiligen Situation be-  
nötigten Stromes, bei dem das Ventil umschaltet oder die  
Ventilumschaltung einsetzt, ist es möglich, durch bestimmte  
Erhöhung oder Reduzierung des Stromes den aktuellen Soll-  
wert der nachgebildeten Schaltblende oder, in anderen Wor-  
ten, den Soll-Durchflussquerschnitt relativ exakt vorzuge-  
ben. Ohne Kenntnis des Ventilstroms zum Zeitpunkt der  
Ventilumschaltung wäre dies wegen der starken Abhängig-  
keit des Schaltpunktes von der Druckdifferenz über dem  
Ventil nicht möglich.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung des Druckes in den Rad-  
bremsen eines elektronisch geregelten Bremsensys-  
tems, bei dem der Bremsdruck oder der Bremsdruck-  
verlauf mit Hilfe von Analogventilen oder analogisier-  
ten Sitzventilen gesteuert und/oder geregelt wird, **da-**  
**durch gekennzeichnet**, dass die Höhe des Ventil-  
stroms ( $I_{\text{ein}}$ ,  $I_{\text{aus}}$ ), d. h. des Ventilbetätigungs- oder Ven-  
tilsteuerungsstroms, zum Zeitpunkt der Ventilschal-  
tung erfasst wird und zur Berechnung sowie Vorgabe  
des Ventilstromes, der zur Einstellung des Soll-Durch-  
flussquerschnitts des Ventils (8) erforderlich ist, heran-  
gezogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-  
net, dass als Analogventile oder analogisierte Sitzven-  
tile stromlos offene Ventile (8) verwendet werden, dass  
der Ventilstrom beim Reduzieren des Betätigungs-  
stroms in Richtung auf ein Wiederöffnen (Pfeile 1, 2, 3,  
4) des zuvor im Regelverlauf geschlossenen Ventils er-

fasst wird und dass in Abhängigkeit von dem Stromwert ( $I_{\text{ein}}$ ) beim Wiederöffnen des Ventils (8) die Höhe des Ventilstroms, der zur Einstellung des Soll-Durchflussquerschnitts erforderlich ist, errechnet und vorgegeben wird.

5

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

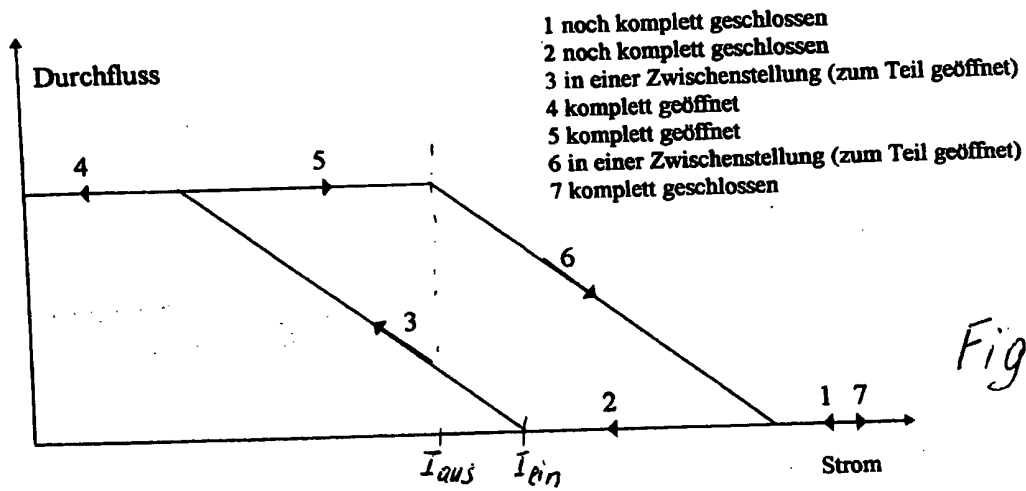


Fig. 1

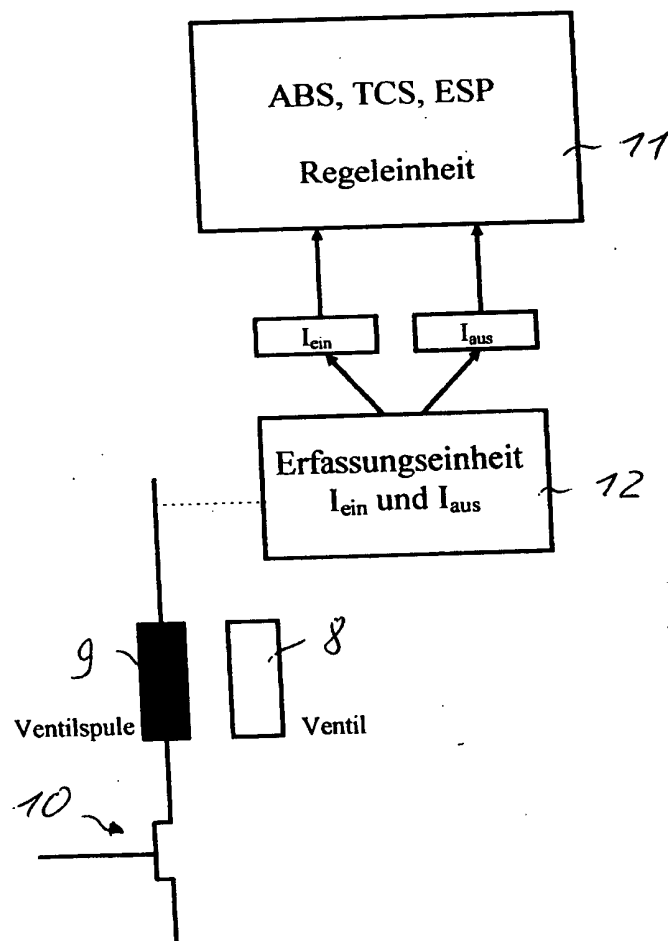


Fig. 2